# Etude des risques liés à l'intégration del'énergie photovoltaïque au réseau électrique Algérien

**AOUCHICHE Nedjma**
**Maître de Recherche B**
**Division Energie Solaire Photovoltaïque - CDER**
**E-mail : n. aouchiche@cder.dz**

## 1. Introduction

Le contexte énergétique algérien est marqué par une dépendance importante aux hydrocarbures, représentant plus de 95 % des exportations du pays [1]. Face à la volatilité des prix du pétrole et aux enjeux climatiques, l'Algérie a adopté un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables visant à installer 15 GW de capacité d'ici 2035, dont plus de 13 GW en solaire photovoltaïque [2].

Cependant, cette transition énergétique est confrontée à de nombreuses contraintes. Le réseau électrique algérien, historiquement conçu pour la production centralisée à partir du gaz naturel, est appelé à absorber une production intermittente, variable et géographiquement dispersée. Cette situation requiert une transformation structurelle du système électrique, tant au niveau technique qu'institutionnel [3].

## 2. État actuel du réseau électrique algérien

Le réseau électrique algérien est opéré par Sonelgaz et couvre près de 99 % de la population. Il est organisé de façon centralisée, avec une forte concentration des charges au Nord, et une production centralisée dans des centrales thermiques [4]. L'intégration du PV a débuté avec des projets pilotes (ex. Ghardaïa, Hassi R'Mel), puis s'est élargie avec des appels d'offres dans le sud du pays. Or, ces régions sont éloignées des centres de consommation, ce qui génère des défis logistiques et techniques liés à la transmission de l'énergie produite.

## 3. Variabilité et intermittence de la production photovoltaïque

La nature variable du PV constitue le premier défi de son intégration. La production dépend directement de l'irradiation solaire, fluctuante en raison du cycle jour/nuit et des conditions météorologiques [5].

### 3.1. Conséquences opérationnelles

- Déséquilibre instantané entre production et demande
- Fluctuation de fréquence et de tension
- Surproduction en heures creuses, surtout en été

### 3.2. Impact sur la planification

Le système électrique algérien n'intègre pas encore de système avancé de prévision de la production renouvelable. La planification reste fondée sur des modèles historiques de charge, inadaptés à la nouvelle donne énergétique [6].

## 4. Limites du réseau de transport

### 4.1. Déséquilibre géographique

Les centrales solaires sont situées majoritairement dans le Sud (Adrar, Tamanrasset, El Oued), alors que les besoins énergétiques sont concentrés au Nord. Le réseau de transport, peu maillé dans le Sud, ne permet pas toujours une évacuation optimale de l'énergie.

### 4.2. Risque de congestion

Les lignes de transport sur de longues distances deviennent vulnérables aux surcharges. La congestion peut entraîner :

- Perte de production
- Délestages
- Vieillissement accéléré des équipements

Des études menées par Bouzid et al. [7] montrent que les zones comme In Salah et Tindouf nécessitent des renforts capacitaires pour accueillir plus de 100 MW supplémentaires en PV.

## 5. Stabilité dynamique du réseau

### 5.1. Perte d'inertie

Les centrales PV n'apportent pas d'inertie naturelle au réseau (contrairement aux groupes rotatifs classiques). Cela rend le système plus sensible aux perturbations transitoires (coupure de ligne, chute de charge).

### 5.2. Onduleurs non synchrones

Les onduleurs PV sont conçus pour suivre la fréquence du réseau, mais ne peuvent pas contribuer activement à la stabilité (sauf avec l'injection de courant réactif). L'absence de comportement de «machine synchrone virtuelle» augmente le risque de désynchronisation [8].

## 6. Problèmes de protection

Le réseau algérien repose largement sur des dispositifs de protection classiques (relais de surintensité, disjoncteurs unidirectionnels). L'introduction de production décentralisée perturbe leur fonctionnement.

### 6.1. Risques identifiés

- Courants de court-circuit réduits
- Détection difficile des défauts en bout de ligne
- Non-coordination entre générateurs PV et protections réseau

Des études locales [9] ont proposé la mise en place de systèmes de protection adaptatifs (via SCADA/EMS) pour répondre à ces défis.

## 7. Qualité de l'énergie

### 7.1. Injection d'harmoniques

Les onduleurs de faible qualité ou mal réglés peuvent générer des harmoniques qui dégradent la forme d'onde sinusoïdale.

### 7.2. Flickers et déséquilibres

Les installations PV connectées à des réseaux faibles (souvent le cas dans le Sud) peuvent générer :

- Flickers : fluctuations rapides de tension
- Déséquilibres de tension dans les réseaux triphasés

• Effets de backfeed (flux inversés)

Un renforcement des normes de raccordement (type VDE-AR-N 4105 adaptée au contexte algérien) est indispensable.

## 8. Absence de dispositifs de stockage

### 8.1. Déficit de flexibilité

L'Algérie ne dispose pas encore de capacités de stockage à grande échelle (batteries, STEP). Cela empêche :

• L'absorption de la production PV en excès

• La fourniture de services auxiliaires (régulation de fréquence)

### 8.2. Propositions

• Déploiement de microgrids hybrides PV+stockage dans les zones isolées

• Utilisation de batteries stationnaires dans les stations de distribution surchargées

## 9. Cadre réglementaire et économique

### 9.1. Règles de marché

L'absence d'un marché de l'électricité limite la valorisation de la production PV. Le tarif d'achat (Feed-in Tariff) est encore peu attractif pour les investisseurs privés.

### 9.2. Accès au réseau

Les règles d'accès sont jugées complexes et opaques par les opérateurs [10]. Les délais de raccordement peuvent atteindre plusieurs années.

Des efforts doivent être menés pour :

• Clarifier les procédures de raccordement

• Établir un marché de capacité ou de flexibilité

• Encourager l'autoconsommation industrielle

## 10. Résilience climatique

Le Sud algérien est soumis à des conditions climatiques extrêmes : chaleur (jusqu'à 55 °C), tempêtes de sable, hygrométrie faible.

**Conséquences :**

• Dégradation accélérée des modules PV

• Surchauffe des onduleurs

• Maintenance difficile des infrastructures

Les spécifications techniques doivent être adaptées à ces conditions, en prévoyant des modules résistants à la chaleur et des systèmes de refroidissement passifs.

## 11. Recommandations stratégiques

1. Renforcement du réseau de transport et distribution dans les zones à fort potentiel solaire.

2. Déploiement de systèmes de stockage pour lisser la production PV.

3. Révision du cadre réglementaire pour favoriser l'investissement privé et l'autoconsommation.

4. Implémentation de systèmes de protection intelligents.

5. Création d'un marché auxiliaire de services réseau (fréquence, tension).

6. Mise en place d'un plan de formation technique pour les opérateurs du réseau et les installateurs.

## 12. Conclusion

L'intégration de l'énergie photovoltaïque dans le réseau électrique algérien est une opportunité historique pour amorcer la transition énergétique du pays. Toutefois, cette transition ne pourra réussir qu'à la condition de maîtriser les risques techniques, économiques et institutionnels identifiés dans cette étude. La modernisation du réseau, la flexibilité du système, l'introduction du stockage, et une gouvernance claire sont les clés d'un déploiement efficace et durable du solaire en Algérie.

## Références

1. Ministère de l'Énergie, « Bilan énergétique national 2022 », Alger, 2023.

2. Commissariat aux Énergies Renouvelables (CDER), « Programme national des énergies renouvelables », 2022.

3. Rezzoug, B., et al., «Assessment of the Algerian renewable energy policy,» Energy Policy, vol. 130, pp. 110-120, 2019.

4. Sonelgaz - GRTE, « Rapport annuel d'exploitation du réseau de transport », 2023.

5. Khelif, A., «Modeling and forecasting solar irradiance in Algerian Sahara,» Renewable Energy, vol. 148, pp. 20-31, 2020.

6. Meziane, M., «Renewable energy in Algeria: Development and integration challenges,» Energy Strategy Reviews, vol. 36, 2021.

7. Bouzid, A.M. et al., «Integration of PV into the Algerian grid: Technical challenges,» IREC Conference, 2020.

8. Lassoued, R. et al., «Virtual inertia and PV integration,» IEEE Trans. Power Systems, vol. 33, pp. 1027–1035, 2020.

9. Boulahia, H. et al., «Adaptive protection schemes for PV integration in Algeria,» Electric Power Systems Research, vol. 182, 2020.

10. AIE, « Revue de la politique énergétique de l'Algérie », 2021.